

PALESTRAS

PALESTRA DE ABERTURA

Mudanças climáticas globais: novos desafios para a Fitopatologia

Raquel Ghini

Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, 13820-000 Jaguariúna SP, Brasil, e-mail: raquel@cnpma.embrapa.br

RESUMO

As mudanças climáticas globais constituem uma séria ameaça à agricultura, pois podem promover significativas alterações na ocorrência e severidade de doenças de plantas. Tais alterações podem representar graves consequências econômicas, sociais e ambientais. A análise desses efeitos é fundamen-

tal para a adoção de medidas mitigadoras, com a finalidade de evitar prejuízos. Diante das ameaças que representam as mudanças globais à proteção de plantas, nos próximos anos, torna-se necessário o estudo detalhado do assunto.

Palavras-chave adicionais: aquecimento global, interação patógeno-hospedeiro, impacto.

ABSTRACT

Global climate changes represent a serious threat to agriculture, because they can promote significant alterations in the occurrence and severity of plant diseases. Such alterations may represent serious economic, social, and environmental consequences. Analyzing these effects is essential for the

adoption of mitigating measures, in order to avoid damages. In face of the threats represented by global change to plant protection, in the coming years it will become necessary to study this subject in detail.

Additional keywords: global warming, host-pathogen interaction, impact.

1. Introdução

Desde a década de 1980, a problemática das mudanças globais do clima tem despertado crescente interesse do público e da comunidade científica, constituindo um dos temas mais polêmicos e preocupantes da atualidade. Em 1988, a WMO (World Meteorological Organisation) e a UNEP (United Nations Environment Programme) criaram o IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), composto por uma vasta rede de pesquisadores de diversos países com a finalidade de avaliar o conhecimento científico sobre as mudanças climáticas e suas relações com a sociedade (19, 24). A polêmica tem origem nas respostas não lineares, complexas e descontínuas das mudanças climáticas, porém, há dados que alertam para intensas alterações que o planeta está sofrendo. O terceiro relatório do IPCC (19) apresenta informações sobre o aumento da concentração de gases de efeito estufa de origem antrópica e analisa as consequências desse aumento sobre a eficiência com que o planeta se resfria, além de outros fenômenos. Desde o início da Revolução Industrial, a concentração de CO₂ da atmosfera sofreu um aumento de, aproximadamente, 30%; o CH₄, de 145%; e o N₂O, de 15% (19). A temperatura média à superfície da Terra elevou-se 0,6°C no século XX e 1998 foi o ano mais quente de todo o período observacional, desde 1861. Tal aquecimento, entretanto, é menor que o previsto para o período de 1990 até

2100, pois as projeções indicam que pode ocorrer um aumento de 1,4 a 5,8 °C. Diversos outros efeitos estão previstos, tanto no ambiente físico como no biológico, os quais estão sendo denominados pelo termo “mudanças globais” devido à abrangência e à inter-relação entre os compartimentos afetados.

A importância do ambiente sobre o desenvolvimento de doenças de plantas é conhecida há séculos (14). Sabe-se que o ambiente pode influenciar o crescimento e a suscetibilidade da planta hospedeira, a multiplicação, a sobrevivência e as atividades do patógeno, assim como a interação entre a planta hospedeira e o patógeno. Por esse motivo, as mudanças globais constituem uma séria ameaça à agricultura, pois podem promover significativas alterações na ocorrência e severidade de doenças de plantas. Tais alterações podem representar graves consequências econômicas, sociais e ambientais. A análise desses efeitos é fundamental para a adoção de medidas mitigadoras, com a finalidade de evitar prejuízos futuros (15).

A preocupação com os efeitos sobre doenças de plantas assumiu a esfera internacional com as revisões publicadas por Atkinson (1) e Manning & Tiedemann (23). Outras duas publicações se seguiram, alertando sobre as novas ameaças à Fitopatologia, de autoria de Coakley (12) e Coakley & Scherm (13). Eventos internacionais também começaram a incluir em suas programações palestras sobre o tema, como o 7th

International Congress of Plant Pathology (ICPP) em Edinburgh em 1998, o ICPP 2003 em Christchurch, e uma sessão está programada para o próximo evento em Torino em 2008. A Biennial Australasian Plant Pathology Society Conference, realizada em Geelong na Austrália, em setembro deste ano, contou com o Dr. Sukumar Chakraborty, uma das principais autoridades no assunto, para proferir a palestra de abertura sobre esse tema.

No Brasil, o Congresso Brasileiro de Fitopatologia, realizado em Gramado em 2004, incluiu na programação uma palestra sobre os possíveis impactos na agricultura e alimentação. Além disso, os impactos das mudanças globais têm sido discutidos no país em diversos setores. O Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República publicou neste ano, na série Cadernos NAE, dois volumes dedicados à mudança do clima, abordando as negociações internacionais; a vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima e o mercado de carbono (25, 26). Nesse documento é afirmado que atenção deve ser dada aos efeitos das mudanças do clima sobre a ocorrência de doenças de plantas. No início de novembro, a II Conferência Regional sobre Mudanças Globais: a América do Sul, realizada na cidade de São Paulo, contou com uma mesa redonda sobre o sistema agroalimentar, incluindo um debate sobre doenças de plantas. O recente aumento do número de eventos científicos e publicações sobre o tema realça a importância que o assunto vem assumindo. Diante das ameaças que representam as mudanças globais à proteção de plantas, nos próximos anos, torna-se necessário o estudo detalhado do assunto.

2. Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de plantas

O clássico triângulo de doença ilustra um dos paradigmas da Fitopatologia, que estabelece as condições para o desenvolvimento de doenças, isto é, a interação entre o hospedeiro suscetível, o patógeno virulento e o ambiente favorável. Dessa forma, as alterações previstas no clima promoverão modificações no atual cenário fitossanitário da agricultura brasileira. Certamente, num futuro próximo, podem ocorrer alterações na importância relativa de cada doença de planta. O impacto econômico pode ser positivo, negativo ou neutro, pois as mudanças podem diminuir, aumentar ou não ter efeito sobre os diferentes patossistemas, em cada região (8).

Outro aspecto a ser considerado é que a alteração de um determinado fator climático pode ter efeitos positivos, em uma das partes do triângulo da doença, e negativos, em outra. Além disso, os efeitos podem ser também contrários nas diversas fases do ciclo de vida do patógeno (12). Assim sendo, somente a análise completa do sistema pode definir se a doença será estimulada ou não.

Os microrganismos fitopatogênicos são ubíquos, em sistemas naturais ou manejados, e podem alterar a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas (2, 22). Os fitopatógenos estão entre os primeiros organismos a demonstrar os efeitos das mudanças climáticas devido às numerosas populações, facilidade de multiplicação e dispersão, além do curto tempo entre gerações (28). Dessa forma, constituem um grupo fundamental de indicadores biológicos que precisa ser avaliado quanto aos impactos das mudanças climáticas, pois são um dos principais fatores responsáveis por reduções de produção e podem colocar em risco a sustentabilidade do agroecossistema.

Há poucos trabalhos publicados a respeito dos efeitos das

mudanças globais sobre doenças de plantas. Testes conduzidos em ambientes controlados podem caracterizar efeitos isolados de determinados fatores ambientais nas interações patógeno-hospedeiro. Quanto a ensaios realizados em condições de campo, os poucos trabalhos disponíveis foram conduzidos no Hemisfério Norte. Pouco se sabe a respeito dos efeitos em doenças policíclicas, que são as responsáveis por significativas perdas na agricultura devido à ocorrência de severas epidemias. De modo geral, essas doenças não podem ser estudadas em ambientes fechados, pois os resultados geralmente não são representativos.

A mudança global pode ter efeitos diretos e indiretos tanto sobre os patógenos quanto sobre as plantas hospedeiras e a interação de ambos. Sobre os microrganismos fitopatogênicos, a distribuição geográfica, por exemplo, é determinada pela gama de temperaturas nas quais o microrganismo pode crescer, mas muitas espécies prevalecem somente em regiões onde a temperatura e outros fatores climáticos estão próximos aos valores ótimos para permitir um rápido desenvolvimento. A distribuição temporal também pode ser afetada. Diversos patógenos, especialmente os que infectam folhas, apresentam flutuações quanto à incidência e à severidade durante o ano, que podem ser frequentemente atribuídas às variações de clima. As condições favoráveis são específicas para cada patossistema e, assim, não podem ser generalizadas.

O aumento da temperatura do planeta altera as zonas agroclimáticas e interfere diretamente na distribuição geográfica das doenças de plantas. Alguns poucos exemplos desse tipo de estudo podem ser encontrados na literatura (4, 5, 6, 7). No Brasil, Ghini *et al.* (16) e Hamada *et al.* (17) confeccionaram mapas de distribuição espacial de nematóides (raças 1, 2 e 4 de *Meloidogyne incognita* do cafeeiro) e do bicho-mineiro-do-cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) para os cenários atuais e futuros centrados nas décadas de 2020, 2050 e 2080 (cenários extremos A2 e B2). Os cenários futuros foram obtidos pela média de cinco modelos (ECHAM4, HadCM3, CGCM1, CSIRO-Mk2b e CCSR/NIES) disponibilizados pelo IPCC-DDC (20). Por meio de modelos para previsão do número de gerações anuais do nematóide e do bicho-mineiro (21, 27), os mapas foram elaborados, com resolução espacial de 0,5 X 0,5 graus, de latitude e longitude, utilizando um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Os mapas obtidos de distribuição geográfica do número provável de gerações de *M. incognita* e do bicho-mineiro-do-cafeeiro para os cenários futuros demonstram que poderá haver um aumento na infestação quando se compara com a situação climática atual, média dos últimos 30 anos. De um modo geral, para as décadas de 2020 e 2050, há pouca diferença entre o número provável de gerações anuais do bicho-mineiro-do-cafeeiro obtido para os cenários A2 e B2. Tais diferenças apresentam-se acentuadas para o período de 2080, isto é, há uma maior área do país com maior número de gerações no cenário A2 que no B2. Tendência semelhante foi obtida para as raças de *M. incognita* do cafeeiro, isto é, ocorrerá um aumento no número de gerações anuais nos cenários futuros. As raças 1 e 2 apresentaram um desenvolvimento mais intenso que a raça 4.

Além dos efeitos no patógeno, as mudanças no clima interferem na morfologia, fisiologia e metabolismo das plantas, resultando em alterações na ocorrência e severidade de doenças. Certamente, a natureza da planta hospedeira (por exemplo, anual ou perene; C3 ou C4) e do patógeno (veiculado pelo solo, ou da parte aérea, biotrófico ou necrotrófico) determina como se-

rão os impactos. Assad *et al.* (3) realizaram simulações quanto ao zoneamento da cultura de café no Brasil em cenários futuros e observaram severas reduções de áreas aptas para a cultura com os aumentos previstos de temperatura. Os mecanismos de resistência das plantas hospedeiras podem ser quebrados mais rapidamente, como resultado do desenvolvimento acelerado das populações dos patógenos (8, 9).

Manning & Tiedemann (23) analisaram os efeitos potenciais do aumento da concentração de CO₂ sobre doenças de plantas, baseados nas respostas das plantas nesse novo ambiente. O aumento de produção de biomassa da planta, isto é, o aumento de brotações, folhas, flores e frutos, representa uma maior quantidade de tecido que pode ser infectado pelos fitopatógenos. O aumento do teor de carboidratos pode estimular o desenvolvimento de patógenos dependentes de açúcares, como ferrugens e oídios. O aumento da densidade da copa e tamanho das plantas pode promover um maior crescimento, esporulação e disseminação de fungos foliares, que requerem alta umidade do ar, mas não chuva, como as ferrugens, oídios e fungos necrotróficos. O aumento de resíduos das culturas pode significar melhores condições para a sobrevivência de patógenos necrotróficos. A redução da abertura de estômatos pode inibir patógenos que penetram por essa abertura, como ferrugens, míldios e alguns necrotróficos. A redução do período de vegetação da planta, com colheita e senescência precoces, pode diminuir o período de infecção de patógenos biotróficos e aumentar os necrotróficos. O aumento da biomassa de raízes amplia a quantidade de tecido a ser infectado por micorrizas ou patógenos veiculados pelo solo, mas pode compensar a perda causada pelos patógenos. A maior exsudação das raízes pode estimular tanto patógenos quanto antagonistas. Tais alterações podem ter grande influência no desenvolvimento de epidemias.

Outros organismos que interagem com o patógeno e a planta hospedeira também podem ser afetados pelas mudanças climáticas, resultando em modificações na incidência das doenças. Doenças que requerem insetos ou outros vetores podem sofrer uma nova distribuição geográfica ou temporal, que será resultante da interação ambiente-planta-patógeno-vetor (29). Aumentos na temperatura ou incidência de secas podem estender a área de ocorrência da doença para regiões onde o patógeno e a planta estão presentes, mas o vetor ainda não atuava. Fungos micorrízicos, microrganismos endofíticos e os fixadores de nitrogênio também podem sofrer os efeitos das mudanças climáticas, acarretando alterações na severidade de doenças.

3. Eficácia dos métodos de controle

Todas as modalidades de controle de doenças de plantas são afetadas pelas condições climáticas. Alterações na precipitação, por exemplo, quanto à duração, intensidade e frequência de chuvas, têm efeito no controle químico. Se chuvas intensas ocorrerem no período pós-aplicação, muitos fungicidas, por exemplo, podem ter sua eficácia comprometida.

Alterações na composição da atmosfera, na temperatura e na precipitação, entre outras, podem modificar as comunidades da microbiota da filosfera e da rizosfera que atuam no controle biológico natural de doenças de plantas. Essa modalidade de controle dificilmente pode ser quantificada, porém sabe-se que é frequente e seus efeitos são significativos.

Uma consequência direta das modificações causadas pelas mudanças climáticas nas relações patógeno-hospedeiro é na resistência genética de plantas às doenças. Muitas modificações na

fisiologia da planta podem alterar os mecanismos de resistência. Algumas formas de resistência podem ser mais afetadas que outras. Entretanto, a maior ameaça à resistência genética é a aceleração dos ciclos dos patógenos que, com o aumento do CO₂, por exemplo, podem sofrer alterações em todos os estádios de vida. Alguns trabalhos verificaram que, apesar de haver um atraso no desenvolvimento inicial e redução na penetração no hospedeiro, as colônias estabelecidas se desenvolvem em maior velocidade e há aumento da multiplicação do patógeno nos tecidos da planta (10, 18). A multiplicação mais intensa do patógeno, associada a um microclima propício, devido ao maior desenvolvimento das plantas, favorece a ocorrência de epidemias.

4. Considerações finais

A manutenção da sustentabilidade dos sistemas agrícolas é diretamente dependente da proteção de plantas. Em poucos anos, as mudanças climáticas podem alterar o cenário atual de doenças de plantas e o seu manejo. Essas alterações certamente terão efeitos na produtividade. Dessa forma, é fundamental o estudo dos impactos em importantes doenças de plantas, com a finalidade de minimizar perdas de produção e de qualidade, auxiliando a escolha de estratégias para contornar os problemas (10).

Outro aspecto importante é que as doenças constituem um dos componentes do agroecossistema que podem ser manejados. Há uma necessidade imediata de se determinarem os impactos das mudanças nas doenças economicamente importantes. As doenças secundárias também precisam ser estudadas, pois podem assumir maior importância. Mas, além disso, os especialistas em doenças de plantas precisam ir além de suas disciplinas e posicionar os impactos em doenças no contexto mais amplo, que envolve todo o sistema.

O zoneamento de doenças com uso de parâmetros climáticos permite avaliar a possível distribuição geográfica nos cenários climáticos previstos. Esse tipo de estudo pode ser particularmente apropriado para patógenos exóticos, pois possibilita a avaliação de sua distribuição geográfica em novas regiões e a intensidade da importância que o patógeno pode assumir (12). Entretanto, a falta de informações disponíveis sobre os efeitos do ambiente na ocorrência de doenças dificulta o uso desse tipo de trabalho. Pouco se sabe a respeito dos fatores ambientes que governam comunidades de patógenos secundários, que podem passar a assumir significativa importância nos cenários futuros (11).

Coakley & Scherm (13) listaram algumas das principais dificuldades encontradas nos estudos sobre efeitos de mudanças climáticas globais e doenças de plantas. Dentre elas, destacam-se: a contínua incerteza sobre a exata magnitude das alterações climáticas que ocorrerão nos próximos 25 a 50 anos; a possibilidade de ocorrerem complexas interações entre os componentes da mudança climática; a limitação do conhecimento sobre como essas mudanças em larga escala e a longo prazo afetarão os processos biológicos que ocorrem em escalas regionais ou locais, em curto espaço de tempo; e o problema da separação dos efeitos diretos (por exemplo, sobre o patógeno) dos efeitos indiretos (por exemplo, pelo efeito em agentes de controle biológico ou mudanças na fisiologia da planta hospedeira).

Pesquisas de avaliação dos efeitos de mudanças climáticas globais sobre doenças de plantas devem ser realizadas de forma interdisciplinar e, preferencialmente, em programas internacionais. A complexidade dos processos envolvidos e suas inter-relações tornam necessária a comunicação de profissionais das diversas áreas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atkinson, D. **Global climate change: its implications for crop protection**. Surrey: BCPC, 1993. 102 p.
- Agrios, G.N. **Plant pathology**. 3.ed. New York: Academic Press, 1988. 803p.
- Assad, E.D.; Pinto, H.S.; Zullo Junior, J.; Ávila, A.M.H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v.39, n.11, p.1057-1064, 2004.
- Boag, B.; Crawford, J. W.; Neilson, R. The effect of potential climatic changes on the geographical distribution of the plant-parasitic nematodes *Xiphinema* and *Longidorus* in Europe. **Nematologica**, v. 37, p. 312-323, 1991.
- Brasier, C. M. *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. **Annales des Sciences Forestières**, v. 53, p. 347-358, 1996.
- Brasier, C. M.; Scott, J. K. European oak declines and global warming: a theoretical assessment with special reference to the activity of *Phytophthora cinnamomi*. **Bulletin OEPP/EPPO Bulletin**, v. 24, p. 221-232, 1994.
- Carter, T. R.; Saarikko, R. A.; Niemi, K. J. Assessing the risks and uncertainties of regional crop potential under a changing climate in Finland. **Agricultural and Food Science in Finland**, v. 5, n. 3, p. 329-350, 1996.
- Chakraborty, S. Effects of climate change. In: Waller, J. M. L.; Waller, S. J. (Ed.). **Plant pathologist's pocketbook**. Wallingford: CAB International, 2001. p. 203-207.
- Chakraborty, S.; Pangga, I.B. Plant disease and climate change. In: Gillings, M.; Holmes, A. **Plant microbiology**. London: BIOS Scientific Publishers, 2004. cap.9, p.163-180.
- Chakraborty, S.; Tiedemann, A. V.; Teng, P. S. Climate change: potential impact on plant diseases. **Environmental Pollution**, v. 108, p. 317-326, 2000.
- Clifford, B. C.; Davies, A.; Griffith, G. UK climate change models to predict crop disease and pest threats. **Aspects of Applied Biology**, v. 45, p. 269-276, 1996.
- Coakley, S. M. Biospheric change: will it matter in plant pathology? **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 17, p. 147-153, 1995.
- Coakley, S. M.; Scherm, H. Plant disease in a changing global environment. **Aspects of Applied Biology**, v.45, p.227-238, 1996.
- Colhoun, J. Effects of environmental factor on plant disease. **Annual Review of Phytopathology**, v. 11, p. 343-364, 1973.
- Ghini, R. **Mudanças climáticas globais e doenças de plantas**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2005, 104p.
- Ghini, R.; Hamada, E.; Pedro Júnior, M. J.; Gonçalves, R. R.; Pereira, D. A.; Marengo, J. A. Efeito de mudanças climáticas globais sobre a distribuição espacial de *Meloidogyne incognita* e do bicho-mineiro do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.30, Suplemento, p.169, 2005.
- Hamada, E.; Ghini, R.; Pedro Júnior, M. J.; Marengo, J. A. Efeito de mudanças climáticas globais sobre a distribuição espacial do número provável de gerações do bicho-mineiro do cafeeiro. **CBAgro 2005 XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 18 a 21/7/2005, Unicamp, Campinas/SP.
- Hibberd, J. M.; Whitbread, R.; Farrar, J. F. Effect of elevated concentrations of CO₂ on infection of barley by *Erysiphe graminis*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 48, n. 1, p. 37-53, 1996.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2001: IPCC Third Assessment Report**, 2001, (http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/, consultado em 30/11/2005).
- Intergovernmental Panel on Climate Change. **The IPCC Data Distribution Centre**, 2004, (<http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/>, consultado em 25/06/2004).
- Jaehn, A. Determinação da constante térmica das raças 1, 2 e 4 de *Meloidogyne incognita* em cafeeiro. **Nematologia Brasileira**, v.15, p.135-142, 1991.
- Malmström, C. M.; Field, C. B. Virus-induced differences in the response of oat plants to elevated carbon dioxide. **Plant, Cell and Environment**, v. 20, n. 2, p. 178-188, 1997.
- Manning, W. J.; Tiedemann, A. V. Climate change: potential effects of increased atmospheric carbon dioxide (CO₂), ozone (O₃), and Ultraviolet-B (UV-B) radiation on plant diseases. **Environmental Pollution**, v. 88, n. 2, p. 219-245, 1995.
- Marengo, J.A. Mudanças climáticas globais e regionais: avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 16, p. 1-18, 2001.
- Mudança do clima: volume I: **Negociações internacionais sobre a mudança do clima: vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima**. Brasília, DF: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2005. 250p. (Cadernos NAE, 3).
- Mudança do clima: volume II: **Mercado de carbono**. Brasília, DF: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2005. 500p. (Cadernos NAE, 4).
- Parra, J.R.P. Biologia comparada de *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera, Lyonetiidae) visando ao seu zoneamento ecológico no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.29, n.1, p.45-76, 1985.
- Scherm, H.; Sutherst, R. W.; Harrington, R.; Ingram, J. S. I. Global networking for assessment of impacts of global change on plant pests. **Environmental Pollution**, v. 108, p. 333-341, 2000.
- Sutherst, R.W.; Ingram, J.S.I.; Scherm, H. Global change and vector-borne diseases. **Parasitology Today**, v. 14, p. 297-299, 1998.

SIMPÓSIO I - EFEITOS DE ALTERAÇÕES EM PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E/OU BIOLÓGICOS DO AMBIENTE NA OCORRÊNCIA DE DOENÇAS EM PLANTAS

Investigations on the effect of ozone, elevated CO₂ and nitrogen fertilization on host-parasite interactions

W. F. Osswald, F. Fleischmann and I. Heiser

Phytopathology of woody plants, Centre of Life and Food Science, Technische Universität München, Am Hochanger 13, 85354 Freising, Germany